

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра интеллектуальных информационных радиофизических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета



И.С. Огнев

«23» мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины
«Радиоканалы»**

Направление подготовки

11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль)

«Сети, системы и устройства телекоммуникаций»

Форма обучения

очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от «17» апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года.

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Радиоканалы» является ознакомление обучающихся с основными видами каналов передачи информации, которые используются в различных радиосистемах, методами их описания, а также овладение методами анализа преобразований сигналов в каналах на основе их моделей.

Основные задачи курса: научить магистрантов методически грамотному подходу при анализе и выборе канала передачи, как составной части радиосистемы различного назначения при ее проектировании и разработке; ознакомить магистрантов с физически реализуемыми моделями каналов при наличии различных ограничений на характеристики передаваемых сигналов и на свойства каналов передачи информации.

2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры

Дисциплина «Радиоканалы» относится к вариативной части Блока 1.

Дисциплина основывается на знаниях, полученных слушателями при изучении дисциплин бакалавриата. Для ее освоения магистранты должны владеть математическим аппаратом векторного и тензорного анализа, линейной алгебры, дифференциального исчисления, знать основы электродинамики и распространения радиоволн, уметь пользоваться аппаратом спектрального анализа.

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, необходимы при изучении дисциплин «Радиотехнические и телекоммуникационные системы», «Системы и сети связи с подвижными объектами», «Электромагнитная совместимость», «Цифровое теле-радиовещание», «Микроволновые системы».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		
ПК-1 Способен проводить обзор и анализ современных достижений науки, самостоятельно собирать и анализировать исходные данные в том числе с использованием передовых ИКТСС, формулировать задачи профессиональной деятельности для достижения поставленной цели.	ИД_ПК-1.1 Осуществляет работу с современными источниками научно-технической информации, в том числе с использованием ИКТСС. ИД_ПК-1.2 Самостоятельно осуществляет анализ исходных данных для постановки задач профессиональной деятельности. ИД_ПК-1.3 Самостоятельно формулирует задачи профессиональной деятельности.	Знает: <ul style="list-style-type: none">– особенности характеристик каналов передачи в различных участках электромагнитного спектра;– классификацию и основные системные характеристики каналов передачи информации с детерминированными и случайно изменяющимися параметрами;– математические методы описания преобразования сигналов в каналах. Умеет: <ul style="list-style-type: none">– определять возможности применения выбранного вида канала для решения конкретной задачи;– использовать системные характеристики для определения реакции канала на входное воздействие. Владеет: <ul style="list-style-type: none">– навыками оценки влияния радиоканала на характеристики радиосигнала.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 акад. часа.

Дисциплина реализуется с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ), предоставляемых образовательной площадкой «Электронный университет Moodle ЯрГУ».

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную ра- боту магистрантов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего кон- троля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Введение. Роль канала пе- редачи в различных радио- системах связи, локации и дистанционного зондиро- вания.	2	1	1				5	Устный опрос
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	
2	Математическое описание каналов. Классификация каналов передачи. Систем- ные характеристики.	2	1	2		0,5		5	Устный опрос
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	
3	Регулярная составляющая пространственно времен- ного радиоканала. Тропо- сферные и ионосферные радиоканалы.	2	4	9		0,5		14	Устный опрос, отчет на семинаре по сам. задани- ям
	в том числе с ЭО и ДОТ							5	
4	Стохастические радиока- налы. Флуктуационные характеристики простран- ственно-временных кана- лов.	2	2	4		0,5		12	Устный опрос, отчет на семинаре по сам. задани- ям
								5	
		2				1,5	0,3	8,7	Зачёт
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
	Всего за 2 семестр 72 часов		8	16		3	0,3	44,7	
	в том числе с ЭО и ДОТ							14	
	ИТОГО		8	16		3	0,3	44,7	
	в том числе с ЭО и ДОТ							14	

Примечание: объем (в часах) самостоятельной работы в рамках установленного данной РПД количества часов, выполняемой студентом с применением ЭО и ДОТ (в ЭУК «Радиоканалы» в LMS Moodle), определяется каждым студентом в зависимости от уровня его подготовки и способов выполнения данного вида работ.

Содержание разделов дисциплины

1. Введение.

1.1. Структура систем передачи информации. Роль каналов передачи, как составного элемента информационных систем.

2. Математическое описание каналов. Классификация каналов передачи. Системные характеристики.

2.1. Классификация каналов передачи. Понятие системной характеристики.

2.2. Системные характеристики временного по входу и выходу канала. Их физический смысл. Взаимосвязь между системными характеристиками.

2.3. Системные характеристики временного по входу и пространственно-временного по выходу канала. Физический смысл различных системных характеристик и их взаимосвязь.

2.4. Определение сигнала на выходе радиоканала для различных системных характеристик.

3. Регулярная составляющая пространственно временного радиоканала. Тропосферные и ионосферные радиоканалы.

3.1. Регулярная и флуктуационная составляющие пространственно-временного радиоканала с переменными параметрами.

3.2. Тропосферный радиоканал. Основные факторы, влияющие на регулярные характеристики канала.

3.2.1. Влияние поверхности Земли на передаточные свойства атмосферного канала.

Методы описания взаимодействия с подстилающей поверхностью. Классическое решение Фока. Классификация зон. Открытые радиотрассы. Влияние рельефа местности. Расчет в области тени и полутени. Случай расположения излучателя на земной поверхности.

3.2.2. Влияние нижнего слоя атмосферы на передаточные свойства атмосферного канала. Рефракция электромагнитных волн в тропосфере. Виды рефракции. Селективное поглощение радиоизлучения в приземном слое атмосферы. Окна прозрачности тропосферы. Ослабление и рассеяние в гидрометеорах. Частотная зависимость ослабления в осадках.

3.3. Ионосферный радиоканал. Влияние ионосферы на регулярную составляющую канала. Структура и состав ионосферы. Критическая частота. Скорость распространения сигнала. Расплывание импульса. Влияние магнитного поля Земли. Различные случаи распространения сигналов. Прямое и наклонное зондирование.

4. Стохастические радиоканалы. Флуктуационные характеристики пространственно-временных каналов.

4.1. Различные механизмы распространения электромагнитных волн в реальных открытых каналах. Модели параллельного и последовательного распространения. Статистика коэффициента передачи канала при аддитивной и мультипликативной ситуации принимаемого сигнала.

4.2. Классификация каналов на основе корреляционных свойств системных характеристик. Взаимосвязь корреляционных характеристик.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения проводятся практические и лабораторные занятия, в ходе которых используются следующие типы занятий и образовательные технологии.

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с

назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция с элементами лекции-беседы – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Задействованы:

- интерактивная лекция.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков, а также получению кратких теоретических сведений.

Задействованы:

- коллективная мыслительная деятельность, в т.ч. мозговой штурм;
- анализ конкретных ситуаций;
- творческие задания.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

Асинхронная консультация (в рамках онлайн курса) – занятие по окончанию модуля, на котором проводится консультация по изученному материалу, формам заданий текущего контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Радиоканалы» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины;
- представлены правила прохождения аттестации по дисциплине.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;

- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Распространение радиоволн: учебник. / О. И. Яковлев, В. П. Якубов, В. П. Урядов, А. Г. Павельев; под ред. О. И. Яковлева - М. : URSS; ЛЕНАНД, 2009. - 491 с.
2. Петров Б. М. Электродинамика и распространение радиоволн: учебник для вузов. / Б. М. Петров; М-во образования РФ - 2-е изд., испр. - М. : Горячая линия-Телеком, 2007. - 558 с.
3. Хабаров, С. П. Основы моделирования беспроводных сетей. Среда OMNeT++ : учебное пособие / С. П. Хабаров. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 260 с. — ISBN 978-5-8114-3658-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/119639>
4. Журавлев, А. Е. Инфокоммуникационные системы. Аппаратное обеспечение : учебник для вузов / А. Е. Журавлев, А. В. Макшанов, А. В. Иванищев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 392 с. — ISBN 978-5-8114-5342-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/147334>

б) дополнительная литература

1. Турин В. Я. Передача информации по каналам с памятью. / В. Я. Турин - М.: Связь, 1977. - 248с.
2. Гордиенко В. Н. Многоканальные телекоммуникационные системы: учебник для вузов. / В. Н. Гордиенко, М. С. Тверецкий; М-во РФ по связи и информатизации - М. : Горячая линия - Телеком, 2007. - 416 с.
3. Лев А. Ю. Теоретические основы многоканальной связи: учебник для вузов. / А. Ю. Лев; М-во связи СССР - М. : Связь, 1978. - 188 с.
4. Теория передачи сигналов: учебник для вузов. / А. Г. Зюко, Д. Д. Кловский, М. В. Назаров, Л. М. Финк; М-во связи СССР - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1986. - 304 с.
5. Пуговкин, А. В. Основы построения инфокоммуникационных сетей и систем : учебное пособие для вузов / А. В. Пуговкин, Д. А. Покаместов, Я. В. Крюков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-5905-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156402>
6. Калачев, А. В. Основы работы с технологией Bluetooth Low Energy : учебное пособие / А. В. Калачев, М. В. Лапин, М. Е. Пелихов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-4737-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/140774>

7. Проектирование и моделирование сетей связи. Лабораторный практикум : учебное пособие / В. Н. Тарасов, Н. Ф. Бахарева, С. В. Малахов, Ю. А. Ушаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-3298-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111917>

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ
(http://www.lib.uni Yar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Старший преподаватель кафедры
инфокоммуникаций и радиофизики

должность, ученая степень

подпись

А.А. Афонин

И.О. Фамилия

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Радиоканалы»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, ха-
рактеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущей аттестации**

Устный опрос

Устный опрос проводится по вопросам из списка вопросов к экзамену

Критерии оценивания ответов на вопросы опроса на практических занятиях

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетвори- тельно»)	Продвинутый уро- вень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (<i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i>)	Полное	Полное
Полнота ответа	Вопрос раскрыт на 50 и более %	Ответ почти полный, без ошибок, не хвата- ет отдельных элемен- тов и тонкостей	Ответ полный и без ошибок

Отчёт на семинаре по самостоятельным заданиям

Примерный список тем для самостоятельных заданий

1. Особенности использования диапазона метровых-дециметровых радиоволн как канала передачи информации.
2. Особенности использования диапазона сантиметровых-миллиметровых радиоволн как канала передачи информации.
3. Основные механизмы, определяющие статистические характеристики радиоканалов, в современных подвижных средствах связи.
4. Особенности городского радиоканала.
5. Особенности радиолокационных радиоканалов в различных участках электромагнитного спектра.
6. Дистанционное зондирование ионосферы.
7. Космические радиоканалы.
8. Особенности статистических характеристик тропосферных радиоканалов в различных участках электромагнитного спектра.

Критерии оценивания самостоятельных заданий

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (<i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i>)	Почти полное	Полное
Раскрытие темы	Тема раскрыта поверхностно	Тема раскрыта хорошо, но не полностью	Тема глубоко раскрыта
Логика изложения и аргументация	Изложение непоследовательное, аргументировано лишь отчасти	Изложение последовательно, но в логике есть изъяны или аргументы приведены не ко всем положениям.	Изложение логически структурировано и аргументировано
Корректность изложения	Многие факты сомнительные или неточные	Факты в основном точные	Факты представлены точно
Анализ	Недостаточное использование ключевых понятий (концепций)	Хорошее владение терминологией, однако не хватает сравнительного или критического анализа	Строгий критический анализ ключевых понятий (концепций)
Стиль изложения	Излишние повторения, лишний текст, ненаучная лексика и жаргонизмы	Научный стиль изложения, однако затянуто	Концентрированный текст, насыщенный фактами и аргументами, удерживает внимание
Оформление	Неопрятная и трудно читаемая работа	Работа оформлена хорошо, хотя и есть недостатки	Четко и хорошо оформленная работа
Объём	Слишком длинная / короткая работа	Тема требует несколько более длинного/короткого изложения	Разумный объём, соответствующий теме
Представление данных	Неэффективное использование или неиспользование схем / таблиц для подтверждения аргументов	Таблицы и/или схемы используются, однако не лучшим образом (в том числе приведённые в них данные не обсуждаются в тексте)	Эффективное использование схем / таблиц для подтверждения аргументов
Грамотность	Много орфографических и грамматических ошибок	Есть отдельные ошибки	Нет орфографических ошибок, грамматически правильные предложения
Использование источников	Имеются ссылки на все источники, однако цитируются слишком большие отрывки или ссылки расставлены не по правилам	Имеются единичные ошибки цитирования.	Адекватное использование источников

Оценка выставляется как среднее по критериям.

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к зачёту:

1. Понятие канала передачи информации. Общие характеристики каналов передачи информации. Различные подходы к классификации каналов.
2. Понятие о системных характеристиках канала. Системные характеристики временного по входу и выходу канала. Их физический смысл и взаимосвязь.
3. Системные характеристики временного по входу и пространственно-временного по выходу канала. Их физический смысл и взаимосвязь.
4. Определение сигнала на выходе канала по различным системным характеристикам.
5. Особенности каналов со случайно изменяющимися параметрами. Регулярная и флуктуационная составляющие системных характеристик канала со случайными параметрами.
6. Регулярная составляющая тропосферных радиоканалов. Основные физические факторы, влияющие на их характеристики.
7. Влияние земной поверхности на регулярную составляющую канала.
8. Рефракция радиоволн в тропосфере.
9. Молекулярное поглощение в тропосфере. Окна прозрачности.
10. Влияние ослабления в гидрометеорах на передаточную функцию канала.
11. Регулярная составляющая ионосферных каналов. Основные физические эффекты без учета магнитного поля Земли.
12. Влияние магнитного поля Земли на передаточную функцию ионосферного канала.
13. Флуктуационная составляющая стохастических радиоканалов. Различные механизмы взаимодействия с неоднородностями.
14. Одномерная статистика передаточной функции при чисто последовательном и чисто параллельном распространении.
15. Корреляционные функции системных характеристик радиоканалов. Их взаимосвязь.
16. Стационарные и нестационарные каналы со случайными параметрами. Каналы с коррелированными и некоррелированными путями распространения. Селективность канала по частоте, времени и пространству. Функция рассеяния канала и ее физический смысл.

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень (на «зачтено»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (<i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i>)
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.

3. Описание процедуры выставления оценки

Для успешного освоения дисциплины обязательно:

- выполнение самостоятельных заданий (являются формой текущей аттестации и допуском к экзамену).

Оценка за зачёт складывается из допуска к зачёту, оценки за ответы на вопросы на зачёте.

В билет включается один теоретический вопрос. На подготовку к ответу дается не менее 0,5 часа.

По итогам зачёта выставляется одна из оценок: «зачтено», «не зачтено».